

山东省经济增长影响因素探析

——基于柯布道格拉斯函数

龚方圆, 程相素, 费琪, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门

Email: 351003774@qq.com, Sophia_cxs@163.com, 156208301@qq.com, yanhuqin@xnai.edu.cn

收稿日期: 2021年5月17日; 录用日期: 2021年6月9日; 发布日期: 2021年6月18日

摘要

本文以柯布-道格拉斯函数作为研究工具, 以Python作为数据分析工具, 选取了山东2000~2017年劳动投入量、固定资本形成总额、煤炭消耗量以及国内生产总值(支出法)作为分析对象, 对其边际产出、边际弹性、边际技术替代率以及技术进步系数进行拟合分析, 并对结果做出了相应的阐述和分析, 进而对山东省未来的能源战略与经济发展提出相应建议。

关键词

柯布道格拉斯函数, 山东省, 煤炭, 经济增长

Analysis on the Influencing Factors of Economic Growth in Shandong Province

—Based on Cobb-Douglas Function

Fangyuan Gong, Xiangsu Cheng, Qi Fei, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian

Email: 351003774@qq.com, Sophia_cxs@163.com, 156208301@qq.com, yanhuqin@xnai.edu.cn

Received: May 17th, 2021; accepted: Jun. 9th, 2021; published: Jun. 18th, 2021

Abstract

Using the Cobb-Douglas function as the research tool and Python as the data analysis carrier, this paper selects the labor input, total fixed capital formation, coal consumption and gross domestic product (expenditure method) of Shandong Province from 2000 to 2017 as the analysis objects. The marginal output, marginal elasticity, marginal rate of technological substitution and coefficient of technological progress are fitted, and the results are described and analyzed correspondingly, and then the corresponding suggestions for the future energy strategy and economic de-

velopment of Shandong Province are put forward.

Keywords

Cobb-Douglas Function, Shandong Province, Coal, Economic Growth

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

能源是人类生存和发展的重要物质基础，也是现代经济社会发展的重要制约因素[1]。在过去的几十年间，中国的经济迅速发展，取得显著的成果，这其中离不开能源的贡献，中国也是世界上最大的能源消费国之一。而中国的能源结构以煤炭为主，煤炭的消费量占有所有能源消费总量的 70%左右，是中国最重要的能源。但由于煤炭的使用会对环境造成污染与危害，而中国正处于以资源密集开采和快速消耗为特征的城市化和工业化建设进程中，对能源的大量需求是不可避免的，这就使得经济增长与环保节能的矛盾凸显了出来[2]。面对世界能源消费量不断上涨，价格也持续攀升的局面，中国如何转变自身的能源结构，在促进经济增长的同时实现绿色发展成为了广泛关注的重要课题。在《能源发展“十三五”规划》中，中国政府明确提出了减少化石能源消费的发展目标，这其中最关键的是控制煤炭的消费总量[3]。

在以往对经济增长要素的研究之中，劳动力、资本和技术是最常被提及的传统要素，而在当前的时代背景之下，为了在实现节能降耗的同时保持经济增长，我们在上述要素的基础上增加了煤炭消耗量这一要素，试图探究煤炭消耗对国民经济的作用。本文选取了山东省 2000~2017 年的数据，利用柯布 - 道格拉斯函数来对数据进行拟合，研究劳动、资本、能源和技术这四个经济发展要素与山东省生产总值的关系，对结果进行了分析，并对山东省未来的能源战略与经济发展提出了相应建议。

柯布 - 道格拉斯函数(Cobb Douglas Product Function, CD 函数)也称为生产函数，它是特指一类满足指数函数特征的多元函数，在经济分析中常常被用来分析经济变量之间的特殊关系[4]。

2. 研究对象及方法

2.1. 研究对象

山东省作为能源消耗大省，如表 1 和图 1 所示，近年来的煤炭消耗总量一直位于全国第一，约占全国煤炭总消费量的十分之一。如此庞大的煤炭资源消耗量虽然在过去的几十年间为山东省的经济发展提供了不可或缺的助力，但在当前推进供给侧改革和产业结构转型的时代背景之下，某种程度上也成为了经济可持续发展的桎梏。

Table 1. Total coal consumption in the next five years (10 thousand tons)

表 1. 近五年煤炭消耗总量排行(万吨)

排名	地区	总消耗量	2017 年	2016 年	2015 年	2014 年	2013 年
1	山东省	197,276.02	38,164.71	40,939.2	40,926.94	39,561.73	37,683.44

Continued

2	山西省	189,902.36	42,942.29	35,621.03	37,115.1	37,587.43	36,636.51
3	内蒙古自治区	183,152.29	38,595.52	36,675.32	36,499.76	36,465.97	34,915.72
4	河北省	145,764.72	27,417.13	28,105.65	28,943.13	29,635.54	31,663.27
5	江苏省	136,735.96	26,620.03	28,048.13	27,209.12	26,912.61	27,946.07
6	河南省	118,923.87	22,669.39	23,226.52	23,719.94	24,249.88	25,058.14
7	陕西省	93,737.25	20,069.6	19,670.75	18,373.61	18,375.34	17,247.95
8	辽宁省	88,002.27	17,587.17	16,943.7	17,336.36	18,002.27	18,132.77
9	新疆维吾尔自治区	87,007.72	20,369.91	18,985	17,359.28	16,088.03	14,205.5
10	广东省	84,015.2	17,172.1	16,135.29	16,587.32	17,013.71	17,106.78

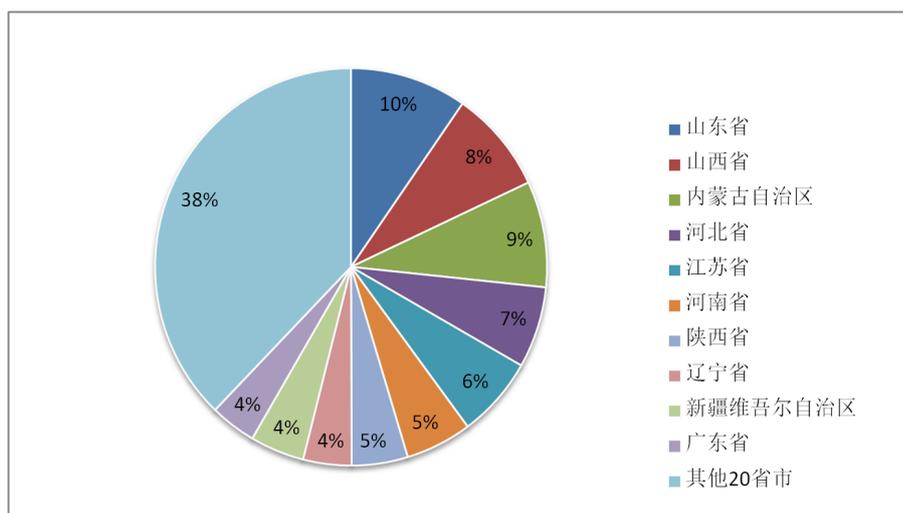


Figure 1. The proportion of total coal consumption from 2013 to 2017
图 1. 2013~2017 年煤炭消耗总量占比

纵观过去十几年间山东省生产总值与煤炭消耗量的增长速度，不难看出大体上生产总值与煤炭的消耗速度都是呈现下降趋势的，且二者的走势几乎同步，这说明经济发展与能源消费之间具有很强的关联性。从图 2 中可以看出，从 2001 年到 2005 年的煤炭消耗增长速度都在 15% 以上，生产总值的增长速度也在迅速上升，此时的经济增长很大程度上是依靠能源的大量消耗来拉动的。而在 2005 年之后，无论是生产总值的增长速度还是煤炭消耗量的增长速度都开始减缓，这主要是由于山东省的经济转型，从粗放式的发展模式逐渐转变为集约式发展，也是在这一阶段，生产总值的增长速度一直高于煤炭消耗量的增长速度，并在最近十年左右将煤炭消耗增长率控制在 5% 以下，某些年份还实现了煤炭消耗的负增长。

除此之外，近年来劳动年龄人口的逐渐减少也是一项不可忽视的重要因素，不可否认的是在过去的十几年间，山东省的大量劳动力为经济的增长做出了很大贡献，那么在劳动力日益减少的未来，山东省又该如何利用劳动要素来实现经济的持续增长？未来增速逐渐放缓的资本投入因素又会对经济增长产生多大的影响？这些都是值得探讨的问题。因此我们选择山东省的经济增长要素作为研究对象来分析其对经济增长的作用，并根据实际情况与分析结果提出相应建议。



Figure 2. GDP and coal consumption growth rate contrast of Shandong Province
图 2. 山东省生产总值与煤炭消耗增长速度对比图

2.2. 数据来源

基于数据的完整性和计算准确性考虑，本文选取山东省 2000~2017 年的数据进行分析，包括劳动力人数、固定资本形成总额、煤炭消耗量以及以支出法计算的国内生产总值，数据来源于国家统计局网站以及山东省统计局发布的《山东统计年鉴》，如表 2 所示。

Table 2. History GDP and economic growth factor input of Shandong Province
表 2. 山东省历史生产总值及经济增长要素投入表

年份	劳动力投入量(万人)	固定资本形成总额(亿元)	煤炭消耗量(万吨)	GDP(亿元)
2000	6397.578	3159	8698.35	8337.5
2001	6455.274	3518.3	11,098	9195
2002	6602.614	4192.6	12,938	10,275.5
2003	6624.75	5180.8	15,165.68	12,078.1
2004	6765.66	6896.1	18,270.08	15,021.8
2005	6852.768	8974.8	25,247.91	18,366.9
2006	6953.823	10,829.4	29,001.25	21,900.2
2007	7006.516	12,505.9	31,702.78	25,776.9
2008	6977.997	15,035.1	34,389.61	30,933.3
2009	6998.33	17,734.4	34,795.17	33,896.7
2010	7133.472	20,800.5	37,327.89	39,169.9
2011	7160.291	24,281.2	38,921	45,361.8
2012	7118.475	26,808.8	40,233	50,013.2
2013	7095.357	29,249.5	37,683.44	54,684.3
2014	7048.08	31,647.1	39,561.73	59,426.6
2015	7011.064	33,229.4	40,926.94	63,002.3
2016	7002.688	33,548.7	40,939.2	68,024.5
2017	6884.128	34,704	38,164.71	72,634.1

2.3. 模型原理

本文主要采用柯布 - 道格拉斯函数(Cobb Douglas Product Function, CD 函数)来分析山东省劳动力投入量、固定资本形成总额、煤炭能源消耗和 DGP 四种经济变量之间的关系。柯布 - 道格拉斯函数是一类满足指数函数特征的多元函数, 是由美国数学家柯布(C.W.Cobb)和经济学家保罗·道格拉斯(PaulH.Douglas)共同探讨投入和产出的关系时创造的函数, 被广泛应用于分析国家和地区生产发展的经济学模型。

柯布一道格拉斯函数的基本表现形式为:

$$y = f(x) = f(x_1, x_2, x_3) = Ax_1^\alpha x_2^\beta x_3^\gamma, \quad \alpha + \beta + \gamma = \theta \tag{1}$$

其中, x_1, x_2, x_3 表示不同类别的生产投入要素, y 表示三种要素所带来的总产出。参数 α, β, γ 分别表示投入要素 x_1, x_2, x_3 的边际弹性, 根据经济增长特征, 一般为正数, 且一般假设所研究对象属于规模经济, 满足 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。

参数 A 为技术进步因子, 表示技术发展水平对于经济产出的影响。通常情况下, 技术随着时间发展进步, 所以将技术进步因子表示为时间 t 的多阶指数函数, 即 $g = e^{g(t)}$, 表示技术进步因子随时间具有一定的动态特征。那么, CD 函数就可以表示为:

$$y = f(t, x_1, x_2, x_3) = e^{g(t)} x_1^\alpha x_2^\beta x_3^\gamma, \quad \alpha + \beta + \gamma = \theta \tag{2}$$

2.4. 拟合过程

本文以山东省 2000 年至 2017 年数据为样本, 采用 `scipy.optimize.curve_fit` 库函数拟合功能, 建立劳动力、固定资本形成总额、煤炭能源消耗量和 GDP 之间的 Cobb-Douglas 函数。具体步骤如下:

第一步是定义具有动态技术进步系数的 CD 函数。对于 CD 函数的定义关键在于技术进步系数的选择, 我们的时间变量 t 既可以是年份, 同时也是切比雪夫多项式自定义变量定义域的时间取值。出于谨慎性原则, 我们假设了技术进步指数 0~5 阶的多项式, 其 CD 数学函数如表 3 所示。

Table 3. Summary table of CD functions of each order

表 3. 各阶 CD 数学函数汇总表

阶数	Cobb-Douglas 函数	
$n = 0$	$f(x) = e^a x_1^b x_2^c x_3^{1-b-c}$	(3)
$n = 1$	$f(x) = e^{at+b} x_1^c x_2^d x_3^{1-c-d}$	(4)
$n = 2$	$f(x) = e^{at^2+bt+c} x_1^d x_2^e x_3^{1-d-e}$	(5)
$n = 3$	$f(x) = e^{at^3+bt^2+ct+d} x_1^e x_2^f x_3^{1-e-f}$	(6)
$n = 4$	$f(x) = e^{at^4+bt^3+ct^2+dt+e} x_1^f x_2^g x_3^{1-f-g}$	(7)
$n = 5$	$f(x) = e^{at^5+bt^4+ct^3+dt^2+et+f} x_1^g x_2^h x_3^{1-g-h}$	(8)

第二步是导入 `curve_fit` 函数库和读取数据。`curve_fit` 函数库是 Python 主要计算模块 Scipy 的子模块, 在使用 `curve_fit` 之前, 我们先导入函数库。在导入函数库后, 我们读入年份、三种投入要素和总产出等变量数据。

第三步是建立 Cobb-Douglas 函数回归模型, 按照前边假设的技术进步因子, 设置对应的参数系数。以二阶技术进步因子为例, 该函数共有 5 个系数参数, 其中, a, b, c 参数是为技术进步系数函数, d, e 是为 Cobb-Douglas 函数的 3 个投入变量。由于 $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 所以, 只有 2 个独立参数需要通过回归过程求解。

第四步是 `curve_fit` 拟合及输出过程。本文借助 Python 的 `scipy.optimize` 库, 通过引用优化函数 `curve_fit()`

模拟过程，选取随机值优化定义初值，最终获得较满意的函数参数。以二阶技术进步因子为例，函数 Cobb-Douglas 的边际弹性就是函数的 2 个弹性系数参数，通过参数，我们可以更加清晰的了解 Cobb-Douglas 函数的基本性质特征。随后，Cobb-Douglas 函数依次输出边际产出 MP1、MP2、MP3 并计算边际函数技术替代率和动态技术进步系数函数，最终生成图表输出。

3. 拟合结果分析

根据以上假设，输入山东原始数据后，利用 curve_fit()程序进行拟合，通过不断调整 $g(t)$ 的阶数 n ，本文一共得到六个模型。各模型中拟合得到的劳动力、资本、能源的指数系数如表 4:

Table 4. Summary table of various factor coefficients

表 4. 各因素系数汇总表

阶数	劳动力	资本	能源
n = 0	0.1105	1.2627	-0.3732
n = 1	0.4267	0.4967	0.0766
n = 2	0.4985	0.4444	0.0570
n = 3	0.4338	0.5603	0.0058
n = 4	-0.1256	0.7 000	0.4256
n = 5	0.8 000	1.2545	-1.0544

根据表 4 的结果，我们可以发现，当 $g(t)$ 的阶数为 0、4、5 时，劳动力或能源的贡献指数为负数，表示随着劳动力和能源要素的投入，经济增长为负值，这显然不符合 Cobb-Douglas 的函数要求和正常的经济发展规律，因此，我们剔除这三组数据。依据地区生产总值拟合结果的准确度相关系数成正比，与组间方差成反比的准则，本文通过对比分析相关系数和组间方差发现，当 $g(t)$ 的阶数为 1 时，拟合精度较高。基于 $n = 1$ ，山东省生产总值模型为：

$$f(x) = e^{0.4415t+5.6067} x_1^{0.4267} x_2^{0.4967} x_3^{0.0766} \tag{9}$$

3.1. 边际弹性

边际弹性就是当产出相对于投入要素增长时的增长率，揭示了生产函数参数 α, β, γ 的性质。

$$e_1 = \frac{dy}{y} \bigg/ \frac{dx_1}{x_1} = \alpha \tag{10}$$

$$e_2 = \frac{dy}{y} \bigg/ \frac{dx_2}{x_2} = \beta \tag{11}$$

$$e_3 = \frac{dy}{y} \bigg/ \frac{dx_3}{x_3} = \gamma \tag{12}$$

如前文所说，本文最终选取了 $n = 1$ 时的一阶函数，此时 $\alpha = 0.4267, \beta = 0.4967, \gamma = 0.0766$ 。这说明，在 2000~2017 年间，山东省的经济驱动力主要依靠劳动力和固定资本投入量，而能源消耗量虽然巨大，但是对经济的驱动力较弱。

3.2. 边际产出

边际产出(Marginal Product)是指当投入要素增加一单位时，总产出随之产生的增加值，此处是指每增

加一单位生产要素的投入所带来的山东省 GDP 的增加。

$$MP_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1} = \alpha A x_1^{\alpha-1} x_2^\beta x_3^\gamma = \frac{\alpha y}{x_1} \quad (13)$$

$$MP_2 = \frac{\partial y}{\partial x_2} = \beta A x_1^\alpha x_2^{\beta-1} x_3^\gamma = \frac{\beta y}{x_2} \quad (14)$$

$$MP_3 = \frac{\partial y}{\partial x_3} = \gamma A x_1^\alpha x_2^\beta x_3^{\gamma-1} = \frac{\gamma y}{x_3} \quad (15)$$

通过 curve_fit()程序拟合, 本文得到劳动力、资本和能源的边际产出如图 3 所示:

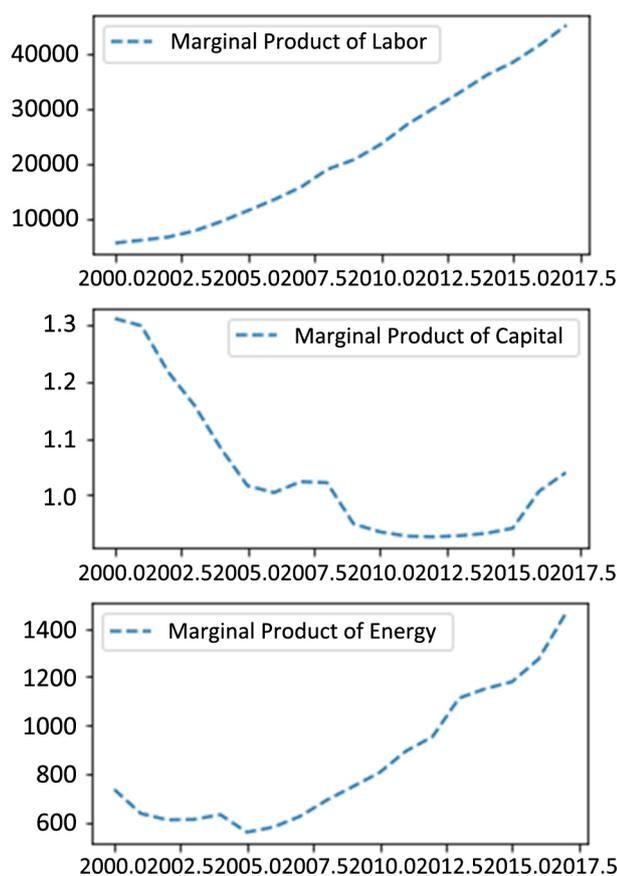


Figure 3. A summary chart of the marginal output of economic factors in Shandong Province

图 3. 山东省经济要素边际产出汇总图

根据边际产出结果, 我们发现三种生产要素的边际产出均为正值, 说明劳动力、资本和能源对于经济增长都能起到推动作用。其中, 劳动力和能源的边际产出呈现递增趋势, 说明山东省历年来劳动力生产效率和能源利用能力有显著提升, 符合经济发展规律。

3.3. 边际技术替代率

两个投入要素之间的边际技术替代率(Marginal Rate of Technical Substitution, MRTS), 就是它们各自的边际产出之间的比率。该指标反映的是选取的两种投入要素对于产出的不同影响程度, 体现出在保持

产出水平一定的情况下，不同投入要素之间的变化如果相互替代所应该遵守的比率关系，这种替代率和他们的边际产出比一致，一种生产投入要素的减少，必然以另一种投入要素的增加为条件。其公式表示如下：

$$MRTS_{1,2} = \frac{MP_1}{MP_2} = \frac{\alpha y/x_1}{\beta y/x_2} = \frac{x_2/\beta}{x_1/\alpha} = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x_2}{x_1} \right) \tag{16}$$

$$MRTS_{1,3} = \frac{MP_1}{MP_3} = \frac{\alpha y/x_1}{\gamma y/x_3} = \frac{x_3/\gamma}{x_1/\alpha} = \frac{\alpha}{\gamma} \left(\frac{x_3}{x_1} \right) \tag{17}$$

$$MRTS_{2,3} = \frac{MP_2}{MP_3} = \frac{\beta y/x_2}{\gamma y/x_3} = \frac{x_3/\gamma}{x_2/\beta} = \frac{\beta}{\gamma} \left(\frac{x_3}{x_2} \right) \tag{18}$$

通过上述数据的处理，我们可以得到资本、劳动力、煤炭能源三大要素两两之间的边际替代率的趋势图，如图 4 所示：

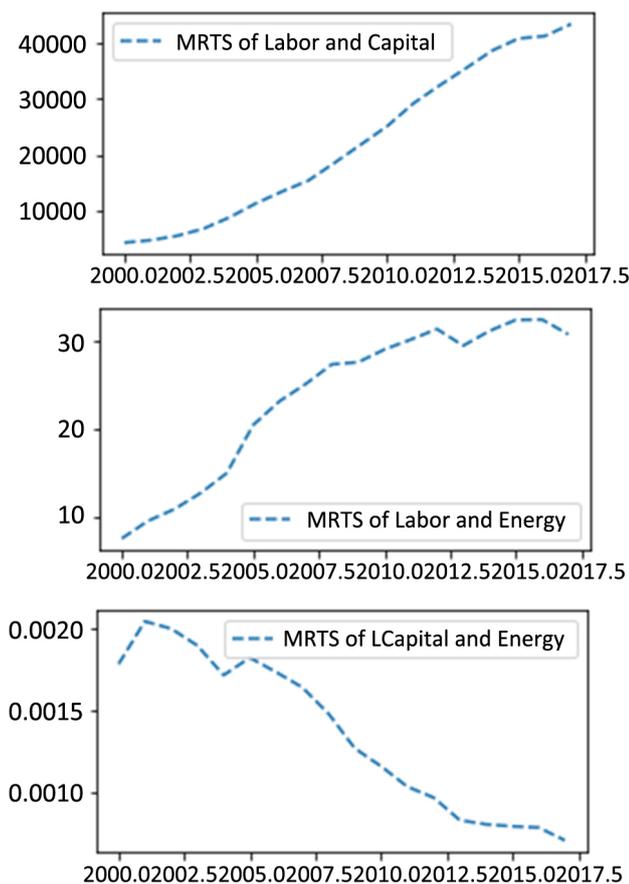


Figure 4. MRTS between the three elements
图 4. 三大要素两两之间的边际技术替代率

如图 4 所示，劳动力和资本的边际替代率随着时间的推移而总体呈现上升趋势，意味着在产出相同的情况下，每减少一单位的劳动力投入，需要增加的资本投入量是逐年上升的。劳动力和能源的边际替代率呈现的态势也同理。而资本和能源的边际替代率随着时间的推移而呈现出波动下降的趋势，体现出产出水平一定的条件下，每减少一单位的资本投入，需要增加的能源投入量是逐年递减的。

3.4. 技术进步系数

技术进步系数也叫做全要素生产率(Total Factor Productivity)，它无法用投入要素来直接表示，我们用 A 来表示技术进步系数，A 可以表示如下：

$$y = f(x) = f(x_1, x_2, x_3) = Ax_1^\alpha, x_2^\beta, x_3^\gamma \tag{19}$$

$$dy = A(MP_1 dx_1 + MP_2 dx_2 + MP_3 dx_3) \tag{20}$$

$$\frac{dy}{y} = A \left(\frac{MP_1}{y} dx_1 + \frac{MP_2}{y} dx_2 + \frac{MP_3}{y} dx_3 \right) \tag{21}$$

$$\frac{MP_1}{y} = \frac{\alpha}{x_1}, \frac{MP_2}{y} = \frac{\beta}{x_2}, \frac{MP_3}{y} = \frac{\gamma}{x_3} \tag{22}$$

$$\frac{dy}{y} = A \left(\frac{\alpha}{x_1} dx_1 + \frac{\beta}{x_2} dx_2 + \frac{\gamma}{x_3} dx_3 \right) \tag{23}$$

$$\frac{dy}{y} = A \left(\alpha \frac{dx_1}{x_1} + \beta \frac{dx_2}{x_2} + \gamma \frac{dx_3}{x_3} \right) \tag{24}$$

$$A = \frac{\frac{dy}{y}}{\alpha \frac{dx_1}{x_1} + \beta \frac{dx_2}{x_2} + \gamma \frac{dx_3}{x_3}} \tag{25}$$

通过数据的处理，我们得到 2000 年~2017 年的技术进步系数，如表 5 所示：

Table 5. Technical progress coefficient table of Shandong Province

表 5. 山东省技术进步系数表

年份	技术进步系数 A	年份	技术进步系数 A
2000	175.0748	2009	279.4114
2001	184.4087	2010	294.308
2002	194.2403	2011	309.9987
2003	204.596	2012	326.526
2004	215.5038	2013	343.9344
2005	226.9932	2014	362.2709
2006	239.0951	2015	381.585
2007	251.8422	2016	401.9288
2008	265.2689	2017	423.3572

技术进步系数表现了技术进步对于产出的影响，反应了投入要素之外的众多因素对于产出的影响，从表 5 可以看出，技术进步对山东省经济增长的贡献度是逐年上升的，且增幅逐年增大，发展速度逐渐加快。

4. 总结及建议

为了避免单因素分析的缺陷，本文选取了山东省 2000~2017 年的数据，利用 python，并以柯布 - 道

格拉斯模型为研究方法进行拟合,研究资本、劳动、能源、技术四个经济发展要素与山东省省生产总值的关系,基于拟合结果,我们总结出,作为中国东部沿海的重要省份,其经济快速增长的背后离不开资本、劳动力、技术和自然资源的大量投入。而作为能源消费大省的山东来说,如何把控这些生产要素的投入量对于其未来的经济发展有着举足轻重的意义。对此,我们针对上述结果提出了一下几点建议。

第一,调整产业结构,培育新兴产业。从分析结果来看,煤炭耗用量的边际产出即能源的价格自 2005 年以来呈现出逐年上升的态势,且攀升速度有加快的趋势,意味着煤炭越来越紧俏,价格越来越高,这符合山东省和全国的资源现状。山东省本省的能源储备不足,能源供应形势非常严峻,而需求却在不断增长,其新增用能很大一部分上需要从省外调入甚至是国外调入,能源自给率不断降低,对外依存度越来越高,倘若以这种成本高、能耗高、污染重、附加值低、产业链短的传统重工业产业为重,将制约山东省经济的可持续发展,因此,我们认为山东省应加快产业结构的调整,转变经济增长方式,以求为经济转型升级提供更大的弹性空间和回旋余地。山东省应把推动服务业等新兴产业视作产业结构优化的关键环节,加快培育电子商务、数字经济等新兴业态。一方面,要鼓励在技术创新中占据主体地位的企业重视创新,也要激励个人创新,健全产学研协同创新机制。另一方面,政府应合理使用科技专项资金,使其重点覆盖与产业结构调整相关的领域。同时,鼓励社会资本倾向交通、医疗、教育、民航、养老、通信等服务业。尤其是交通、通信和互联网,可以说是经济结构优化调整的基础条件,应当被列为山东省在当今形势下发展服务业的战略重点[5]。

第二,实施人才强省,推动技术创新。从分析结果来看,劳动力的边际产出即劳动力的价格自 2000 年以来随着时间的推移而逐年攀升,符合国内劳动力成本上升的现实情况,主要是由于员工工资水平的提高、社会福利投入的增加。而技术进步系数也在逐年攀升,经济的增长离不开这两个因素的有力助推。在人才层面,山东省应该更加注重劳动力的质量。重视人才引进,减少人才流失,建设强有力的高层次和高技能人才队伍。同时加强推进重点人才工程建设,引导人才向产业和科研一线流动。在技术层面,重视并加大科研经费及人员的投入力度,提高技术创新投入与产出间的转化效率,才能更快更好地促进产业结构的优化和经济的增长[6]。

第三,优化能源结构。表 6 为山东省能源结构情况,从中我们可以看出山东省是一个严重依赖煤炭资源的高耗能省份。这也是我们选择煤炭消耗量为自变量之一进行模型分析一个原因之一。从图中我们可以看出 2000 年到 2017 年,除 2017 年由于调控原因降为 70.47% 外,原煤消费总量所占比例几乎每年都在 80% 上下浮动,但所占比例依然是最高且远远超过其他项目。也就是说,其他类型的能源,如天然气,液化石油气等能源,只占据一小部分,虽然有逐年增长的趋势,但是总体增速较为缓慢。山东省大力调整能源结构,一方面,要降低化石能源的比重,控制煤炭耗用量,同时提高对化石能源的利用效率,并做到清洁化使用,降低污染排放。另一方面大力开发清洁能源,并将其发展为主体能源使用。山东省应利用地理优势,大力发展风电、水电项目。响应国家政策,推动分布式光伏发电发展[7]。

第四,贯彻节能减排措施,推动经济健康增长。“绿水青山就是金山银山。”“两山”思想反映了经济发展和生态文明之间辩证统一的关系,强调了保护生态环境就是保护生产力。作为能源大省,山东省经济的健康发展不能忽视对生态的保护。为了深入贯彻落实国务院印发的 2014~2015 年节能减排低碳行动方案,全面推进山东省生态文明建设,制定了《山东省 2014~2015 年节能减排低碳发展行动方案的通知》,制定了山东省节能减排的工作目标。这不仅是一项经济责任,也是一项政治责任。有目标,有方案,就要贯彻落实,辅以制度保障与监管,以体现山东省的大省担当[8]。

我们认识到,影响经济的增长因素并非相互孤立,例如,利用技术创新,可以很好地解决能源浪费和环境污染与经济增长的矛盾。而技术创新又离不开资本的投入和人才的助力。总而言之,正处于经济发展转型的重要关口的山东省,应当平衡好各生产要素的投入与转化,实现经济的健康增长。

Table 6. Primary energy consumption structure of Shandong Province
表 6. 山东省一次能源消费结构

年份	原煤(%)	原油(%)	电力(%)	其他(%)
2000 年	74.09	25.36	0.01	0.54
2001 年	76.87	21.80	0.01	1.32
2002 年	81.84	17.73	0.01	0.42
2003 年	79.47	19.80	0.00	0.73
2004 年	75.98	23.24	0.00	0.78
2005 年	80.76	18.35	0.00	0.89
2006 年	79.80	19.25	0.00	0.95
2007 年	80.47	18.66	0.00	0.87
2008 年	77.98	20.58	0.01	1.43
2009 年	77.13	21.27	0.05	1.55
2010 年	76.21	21.98	0.09	1.72
2011 年	79.60	17.12	0.17	3.11
2012 年	80.22	15.94	0.24	3.60
2013 年	79.74	16.29	0.34	3.63
2014 年	80.75	14.89	0.38	3.98
2015 年	79.48	15.87	0.57	4.08
2016 年	76.87	16.27	1.87	4.99
2017 年	70.47	17.04	6.38	6.12

致 谢

感谢厦门国家会计学院阎虎勤老师在《Python 财务数据分析》课程上对柯布道格拉斯函数及其应用的讲解，让我们对其有了初步的认识与了解，并启发我们应用柯布道格拉斯来进行分析，这是我们完成本篇论文不可或缺的前提。

基金项目

本论文得到了厦门国家会计学院 2019 年“云顶课题：Python 财务数据分析”项目和大米(厦门)科技股份有限公司的支持。

参考文献

- [1] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学学报, 2008(3): 345-359.
- [2] 林伯强, 姚昕, 刘希颖. 节能和碳排放约束下的中国能源结构战略调整[J]. 中国社会科学, 2010(1): 58-71+222.
- [3] 韩中合, 祁超, 刘明浩. 十三五规划“节能减排”目标实现路径研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(3): 23-27.
- [4] 阎虎勤. Python 财务数据分析(讲义) [M]. 厦门: 厦门国家会计学院, 2021.
- [5] 王家芳. 多情景下山东省煤炭消费总量控制对策研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- [6] 凌利. 科技进步对经济增长的影响分析——以山东省为例[J]. 现代信息科技, 2019, 3(17): 189-191+193.
- [7] 丁言强. 经济增长因素协同论: 中国经济发展的经验[J]. 山东社会科学, 2017(12): 122-128.
- [8] 邵敏, 郝晴, 闫桂焕, 许崇庆. 山东省能源消费碳排放影响因素分析[J]. 科学与管理, 2019, 39(4): 64-68.